

Karel KUBEČKA¹, Antonín LOKAJ², Darja KUBEČKOVÁ³

HAVÁRIE DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE ZASTŘEŠENÍ PRODEJNY V OSTRAVĚ

Abstrakt

Príspevok zahrnuje skutočnosti spojené s havárií dřevěné vazníkové střešní konstrukce ostravské prodejny Lidl, ke které došlo 3. ledna 2006 ve večerních hodinách. Havárie byla zprvu přisouzena nadměrnému zatížení sněhovou pokrývkou, ale jak bylo v průběhu dokazování zjištěno, zatížení sněhem pouze havárii iniciovalo, ale nebylo její hlavní příčinou, neboť nepřesáhlo normou stanovené zatížení. Konstrukce zastřešení byla podrobena podrobné analýze včetně laboratorního zjišťování vlastností dřeva potřebných k provedení kontrolního statického výpočtu havarované konstrukce zastřešení. Rozbor chování konstrukce a stanovení příčin havárie včetně bylo součástí znaleckého posudku.

ÚVOD

Dne 3. ledna 2006 večer došlo v Ostravě ke zborcení části střechy (*Obrázek 1*) prodejny LIDL (*Obrázek 2*). Tento článek si dává za úkol přiblížit okolnosti, které vedly k destrukci nosné konstrukce a současně vyvrátit některé dohady, které o této nehodě kolují z pohledu příčin havárie. Současně také může být upozorněním na možné nedostatky, které by neměly zůstat bez povšimnutí. Naštěstí se tato havárie obešla bez ztráty na lidských životech.

Konstrukce střechy byla na tomto objektu atypická, tedy nikoli shodná s ostatními stavbami tohoto obchodního řetězce. Rozdílnost konstrukce této střechy byla ve výšce podstřešního prostoru, kdy na přání Útvaru hlavního architekta města Ostravy byla konstrukce provedena vyšší ve srovnání s ostatními stavbami. Materiálově bylo řešení shodné – použitá krytina byla Bramac® při použití tašek „Moravská taška plus“. Vlastní nosná konstrukce byla dřevěná, vazníková.

Prohlídka konstrukcí bezprostředně po havárii

První prohlídku na místě samém jsem vykonal v rozmezí 22³⁰ ÷ 01⁰⁰ hodin a v omezeném rozsahu pořídil první část fotodokumentace havarované konstrukce. Současně byl proveden vyšetřovací pokus [1] – odběr vzorku sněhu ze známé plochy a jeho následné zvážení pro určení množství sněhu na dané střeše, neboť všeobecně panovala domněnka, že havárie střechy byla zapříčiněna nadměrným množstvím sněhu na střešním plášti. Pro tento odběr byla zvolena část střešní roviny v blízkosti vstupu, tedy relativně bezpečná část (oblast) střechy a současně místo odpovídající adekvátně místu kde došlo k destrukci. Odběr



Obr.1 Prostor prodejny po destrukci střechy

¹ Ing., Ph.D. - P.S.-service, projekční, odborně posudková a znalecká kancelář, Alšova 579/4, 708 00 Ostrava-Poruba, tel: +420 602 778 967, e-mail: psservice@seznam.cz

² Ing., Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: +420 596 991 302, e-mail: antonin.lokaj@vsb.cz

³ Doc.Ing., Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra pozemního stavitelství, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: +420 596 991 306, e-mail: darja.kubeckova@vsb.cz

a následné zvážení bylo provedeno ve spolupráci s ostravským integrovaným záchranným systémem.

Po prošetření, zda pod troskami spadlé střechy nezůstali lidé, byl poskytnut souhlas pracovníkům provádějící záchranné práce se vstupem do prostoru (*Obrázek 1*) kde došlo k destrukci konstrukce za účelem jejího zajištění a rozřezání části nosníků, které by mohly ohrozit záchranné práce další samovolnou destrukcí.

Podrobná prohlídka konstrukce byla určena na následující ráno 4. ledna 2006. Při prohlídce byla pořízena fotodokumentace, která je součástí znaleckého posudku [1] a za pomoci hasičů byl proveden odběr vzorků dřeva pro laboratorní ověření jeho vlastností.



Obr.2 Pohled na zřícenou část střechy prodejny

Možné příčiny a směr šetření

Na základě prohlídky havarované konstrukce a následnému vyhodnocení fotodokumentace, videozáznamu, laboratorních zkoušek použitého dřeva a prostudování a kompletním přepočtu statické části projektové dokumentace a dokladů z průběhu provádění stavby (zejména stavebního deníku) byly posouzeny jednotlivé možné příčiny této havárie. Tedy podrobně byly vzata v úvahu veškerá rizika stavby od předprojektové přípravy stavby po její užívání [4], [8], [9]. V tomto daném případě to tedy jsou:

1. Koncepční řešení konstrukce jako zdroj vysoké pravděpodobnosti vzniku vady a následné poruchy.
2. Chybné statické řešení nosné konstrukce ve stádiu projektové přípravy stavby
3. Chybná interpretace technických norem, nebo použití nepřislušejících ustanovení norem.
4. Chyby v normách nebo neaktuální údaje
5. Výroba konstrukce
6. Montáž konstrukce
7. Pochybení stavebního a technického dozoru jako kontrolního prvku
8. Zanedbání údržby stavby v průběhu jejího užívání.

V průběhu šetření byly veškeré tyto varianty podrobně prošetřeny různými dostupnými prostředky. Na základě tohoto šetření byl učiněn závěr, který byl zpracován do odpovědi na otázky položené vyšetřovatelem PČR. Znalecký posudek tedy učinil závěry, ve kterých označuje příčinu havárie a vysvětluje veškeré technické aspekty s tímto problémem související.

KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ STAVBY

Jak bylo v úvodu uvedeno, stavba ostravské prodejny Lidl poblíž sídliště Fifejdy byla do jisté míry atypická a to v tom smyslu, že bylo požadováno realizovat stavbu vyšší než je obvyklé (v porovnání s „typovými“ stavbami jak je známe z jiných míst v ČR, nebo na Slovensku). Požadavek výšky hřebene pravděpodobně pramení z charakteru okolí ve kterém se stavba nachází. Tento požadavek byl projektantem respektován a konstrukce byla staticky i konstrukčně vyřešena v souladu s požadavky na její výšku a současně také v souladu s požadavky norem pro zatížení i dimenzování.

Po prostudování dostupných podkladů bylo zřejmé, že předmětná část stavby – střešní konstrukce byla později zcela přepracována a že tedy stavba nebyla prováděna podle projektové dokumentace zpracované a signované generálním projektantem, tedy podle původního statického a konstrukčního řešení, které bylo součástí projektu pro stavební povolení.

Projekt pro stavební povolení který nabízel nerealizované řešení byl shledán zcela bezchybným, a proto se dá s určitostí konstatovat, že chyba není v prvotním koncepčním řešení stavby projektovaném ve stupni projektu pro stavební povolení.

CHYBA V PRVOTNÍM STATICKÉM ŘEŠENÍ

Vzhledem ke skutečnosti, že stavba nebyla realizována podle tohoto statického výpočtu (z projektu pro stavební povolení), bylo při šetření havárie bezpředmětné se posouzením PD v této oblasti dále zabývat. Nicméně kontrolou statického výpočtu došel znalec k závěru, že tento je proveden technicky zcela v pořádku a bez chyb, zatížení je stanoveno správně a na stranu bezpečnou konstrukce (z důvodu použití nově zaváděné normy – viz [7]), neboť projektant použil vyšší hodnotu ($s_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$) zatížení sněhem než mu ukládá platná norma [3] – viz [5], [6]. Navrhované dimenze konstrukce byly nepatrně vyšší. S tím souvisí spotřeba materiálu a také cena konstrukce.

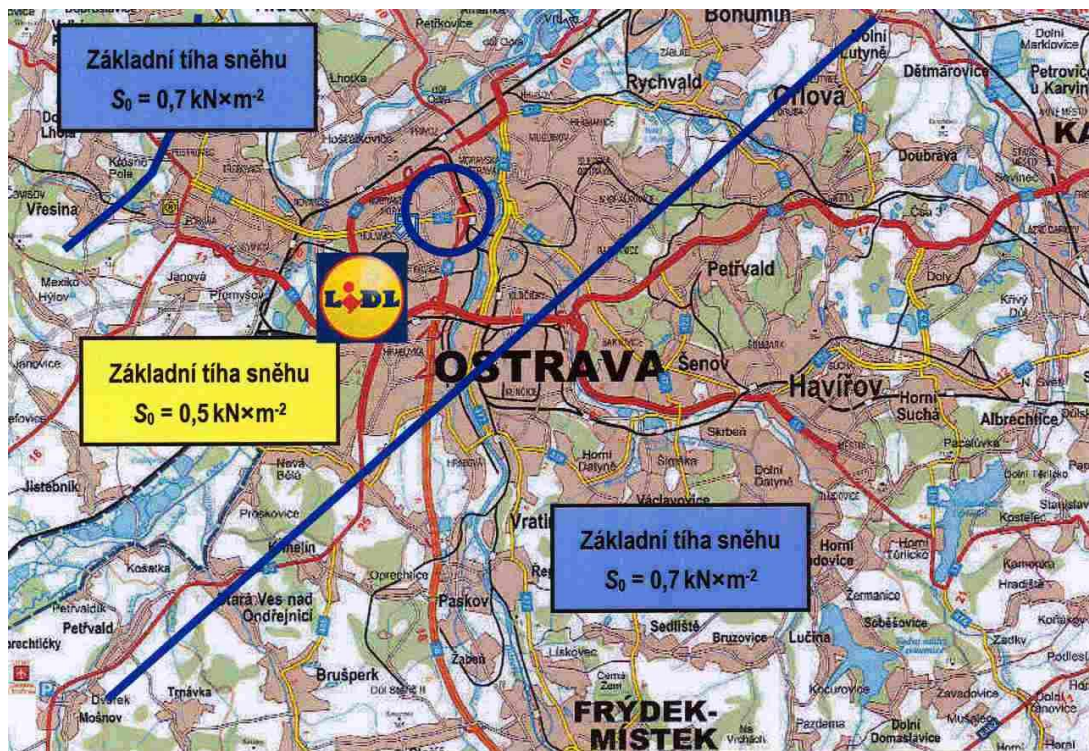
CHYBNÁ INTERPRETACE TECHNICKÝCH NOREM

Návrh stavební konstrukce ve vztahu k zatížení v dnešní domě můžeme provádět jak podle našich norem [5] známých pod názvem ČSN [3], nebo podle nových evropských norem, tzv. eurokódů [7]. Které z těchto norem, zda dosavadních ČSN, nebo nových EC použije projektant pro návrh bezpečné konstrukce je v dnešní době na smlouvě mezi projektantem a objednavatelem projektových prací. Z tohoto důvodu byla prověřena projektová dokumentace, podle které byla výstavba realizována. Autor projektu postupoval v souladu s platnými normami [3], interpretace jednotlivých článků normy přenesená do výsledného zatížení konstrukce, zejména zatížení konstrukce diskutovanou sněhovou pokrývkou byla zcela správná. Po této stránce nelze statickému výpočtu nic vyčíst.

Za sporné nelze považovat ani skutečnost, že se stavba nachází v blízkosti hranice II. sněhové oblasti, neboť při podrobnějším zkoumání lze určit polohu stavby prodejna jako jednoznačně ležící v místech, kterému norma [3] přisuzuje zatížení sněhem odpovídající I. sněhové oblasti (*Obrázek 3*). O této skutečnosti již pojednával předcházející příspěvek [5]. Z tohoto pohledu je nové (v projektu pro realizaci) realizované řešení shledáno jako bezchybné, provedené v souladu s normovými požadavky, tedy technicky správné.

CHYBY V NORMÁCH

Začátkem roku 2006 došlo k několika haváriím střech staveb jak v České republice, tak v zahraničí, v oblastech, kde napadlo větší množství sněhu než tomu bylo v předcházejících letech. V souvislosti s touto skutečností se mezi odbornou veřejností diskutovalo o tom, zda skutečné zatížení odpovídá normovým předpokladům a zda by nemělo dojít k přehodnocení těchto norem co do velikosti zatížení. Laicky tedy se zdá toto hodnocení jako hodnocení chyby v normě. Nikoli. Nejedná se o chybu normy i když je otázkou zda se změnou klimatických podmínek není nutno jednotlivé sněhové oblasti částečně přehodnotit a v některých oblastech (blízko hranic sněhových oblastí) zvýšit toto klimatické zatížení. Je třeba si uvědomit, že základní tíhy sněhu vycházejí ze statisticky vyhodnoceného zatížení sněhem zjištěného na základě dlouhodobých pozorování. Na základě těchto údajů je pak území rozděleno do oblastí jak bylo uvedeno [5]. Je pak už jen otázkou s jakou „mírou bezpečnosti“ nebo „stupněm bezpečnosti“ nebo také „mírou či velikostí rizika“ nám norma poskytuje informaci o možném maximálním zatížení, které po dobu životnosti stavby může nastat.



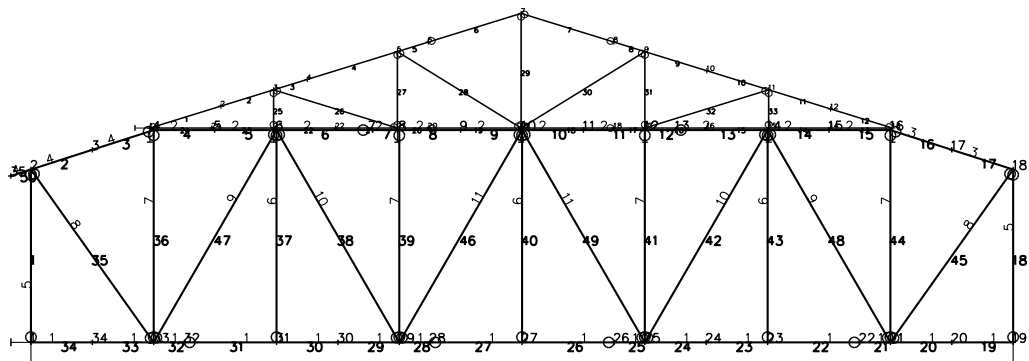
Obr.3 Přibližné hranice sněhových oblastí ve vztahu k předmětnému objektu

Na tomto místě je nutno se zmínit o velmi cenném příspěvku autorů Prof. Štěpánek-Prof. Teplý ve Stavebních listech 7-8/2006 pojednávajícím o spolehlivosti střešních konstrukcí [2]. Na skutečnosti, že ani v jednom případě nemá havárii střechy na svědomí pouze a jen sníh se shodují všichni odborníci [2].

Norma v tomto ohledu není samospasitelná a nemůže na plných 100 % zaručit, že stanovené zatížení nebude „nikdy“ dosaženo nebo překročeno. Na tomto místě je nutné se zmínit o Stavebním zákonu [12]. Je naprosto v pořádku a v souladu s předpisy [12], že v případě napadení nadměrného množství sněhu dojde k odstranění sněhové pokrývky ze střechy, neboť její hmotnost právě dosáhla projektovanou úroveň [6] (byly naplněny předpoklady normy) a její další navýšení by mohlo znamenat nebezpečí pro stavbu, okolí stavby a její provoz. Povinnost provádění udržovacích a zabezpečovacích prací vychází z platného předpisu ([12] §86, odst. 1) a je povinností vlastníka stavby.

VÝROBA KONSTRUKCE

Nosná konstrukce střechy byla zhotovena z dřevěných příhradových vazníků se spojníky BOVA, se zatěžovací šířkou 1200 mm a s rozpětím teoretických podpor 19,5 m (s navazujícím úzkým podélným traktem). Konstrukce byla vyrobena ze dvou dílů (Obrázek 4), neboť nebylo technicky možné konstrukci jako jeden kus vyrobit a následně převést na místo montáže pro její nadměrné rozměry. Krajní prut nad podporou byl výšky 3,5 m, v hřebeni pak byla celková výška vazníku 6,6 m.



Obr.4 Celkové statické schéma hlavní části konstrukce

Při výrobě hrají roli dva faktory. Jednak je to materiál, ze kterého je konstrukce vyrobena a následně realizována a pak geometrická přesnost (rozměrová přesnost) konstrukce.

Co se týká materiálu, tedy použitého řeziva, ze kterého je konstrukce vyrobena, tak toto bylo vystaveno velmi podrobnému laboratornímu zkoumání. Tato problematika je popsána v odborném článku [10]. Podstatná je skutečnost, že laboratorními zkouškami bylo prokázáno [1], že kvalita vzorků dřeva odebraných z havarované konstrukce spadá do třídy SI, tedy třídy pro řezivo na nosné prvky dřevěných konstrukcí, což je plně v souladu s předpokladem projektanta uplatněném ve statickém výpočtu konstrukce. Co do pevnosti v ohybu je tato ověřená pevnost nezanedbatelně vyšší než požaduje norma.

Kvalita dřeva je tedy z globálního pohledu vyhovující, což vyvrací podezření z kolapsu konstrukce zapříčiněné použitím nekvalitního řeziva (materiálu).



Obr.5 Část zachovalé konstrukce – krajní stojka na kterou navazoval vedlejší trakt

Druhým hlediskem je přesnost či nepřesnost výroby. Zejména u této konstrukce (Obrázek 5), kdy vazník byl složen ze dvou částí – horní trojúhelníkové a dolní lichoběžníkové, může se geometrie konstrukce projevit negativně zejména v navázání střešní roviny.



Obr.6 Vzájemné posunutí stojek horní a dolní části

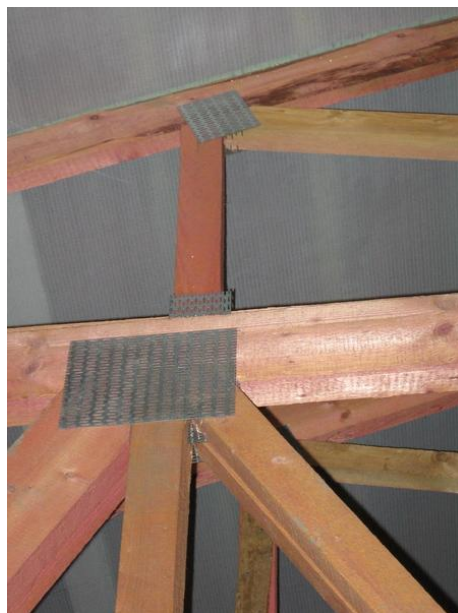
Při prohlídce bylo zjištěno, že dolní vazník není zatížen horní částí přesně ve styčných (Obrázek 6) a tímto mimostředním zatížením je část konstrukce namáhána ohybovými momenty.

Nicméně obdobného efektu je dosaženo od mimostýčnickového zatížení vyvozeného polohou laťování na horním pásu. Podrobnou statickou analýzou bylo dokázáno, že tato nepřesnost není nijak staticky významná – není z hlediska namáhání konstrukce vazníku dominantní.

Nutno dodat, že veškeré porušené prvky byly porušením ve dřevě, ani v jediném případě nebylo pozorováno porušení konstrukce ve styčnicku.

Nicméně přesto je autor názoru, že naše stavby si zaslouží preciznější provedení.

Ani v této oblasti nebyly shledány takové vady, které by vedly k havárii konstrukce nebo byly její příčinou.



Obr.7 Vzájemné posunutí stojek horní a dolní části

MONTÁŽ KONSTRUKCE

Provádění staveb je často označováno jako „bolavé místo“ našeho stavebnictví. Do této kategorie patří i montáž dřevěných vazníků. V tomto případě je však nutno přiznat, že provedení konstrukce bylo až na dva případy plně v souladu s projektovou dokumentací. Odhalené odchylky ani v tomto případě nebyly staticky natolik dominantní, aby zapříčinily a nebo iniciovaly havárii konstrukce střechy.

Prvním nevhodným řešením je napojení dvojice krokví zastřešení bočního podélného traktu na krajní stojku vyšetřovaného vazníku. Pravá krokve (*Obrázek 8*) vykazuje takový průhyb, že veškeré zatížení od střešní krytiny přenášené laťováním se přenáší pouze jednou z dvojice, tedy levou krokví. Reakce krokve na stojce vazníku vyvoluje ohybový moment této stojky působící kolmo k rovině vazníku. Stojka je takto namáhána nejnepríznivějším způsobem. Toto nevhodné provedení bylo pozorováno v jednom jediném případě. U kontralátí přibíjených z boční strany vazníku (*Obrázek 5*) je situace obdobná mimostředně zatížená způsobuje ohyb horního pásu kolmo na rovinu vazníku.

Druhým nevhodným řešením je provedení podpor vazníků střechy.



Obr.8 Průhyb jedné z krokví



Obr.9 Uložení vazníku na „střední“ zdi v západní oblasti objektu (u pokladen)

Z obrázku 9 - uložení lichoběžníkového vazníku na střední stěně vyplývá, že toto uložení není možno považovat za neposuvné v horizontálním směru, narozdíl od několika málo uložení ve zřícené části (Obrázek 10). Pokud bychom však připustili možnost neposuvného uložení oproti projektu na obou podporách (v projektu bylo uvažováno posuvné uložení), došlo by k výraznější změně normálových sil vazníku, ale pouze v krajních prutech dolního pásu vazníku a to na tlakovou sílu o velikosti cca 20 kN.

Na tuto sílu prut nebyl nadimenzován a patrně by došlo k jeho porušení vybočením a zlomením přibližně v polovině jeho délky mezi styčníky. Z fotografií (pořízených při místním šetření) styčníku dolního pásu, první a druhé diagonály a svislice je zřejmé, že došlo k vytržení krajní svislice tahovou silou (ne tedy tlakovou), k čemuž zřejmě došlo po porušení krajní - nejvíce přetížené a stabilně nezajištěné svislice, jak je popsáno dále.

Je však také nutno doplnit, že projektová dokumentace nijak způsob podepření neřešila, tedy provedení po technické stránce bylo ponecháno na dodavatelské firmě bez toho, aby byly projektem specifikovány podmínky provedení (vetknutí-kloub-posuvné podepření).

Tedy ani provádění a provedení konstrukce není v negativním slova smyslu natolik dominantní, aby poskytlo staticky významný důvod k porušení konstrukce.

POCHYBENÍ STAVEBNÍHO A TECHNICKÉHO DOZORU JAKO KONTROLNÍHO PRVKU

Jedním z kontrolních prvků stavby v průběhu provádění stavebních prací, tedy při realizaci stavby je dozor. Dozor (dozor ve výstavbě) je pojem pro označení dozorové činnosti osobou oprávněnou nebo pověřenou k této činnosti. Samo označení dozor nevypovídá zcela přesně o povaze, předmětu a formě této činnosti a není rozhodující. S tímto pojmem lze ve výstavbě takřka shodně ztotožnit i úzce související obecně známé a užívané pojmy dohled nebo kontrola.

Je tedy otázkou, zda nedošlo k selhání tohoto kontrolního prvku v době výstavby. Nejdříve však k rozlišení jednotlivých pojmů. Pro specifikaci náplně dozoru je nutno sáhnout do doporučených standardů ČKAIT, metodická řada, DOS M 05.01, 2003.

Dozor stavební je dříve používaný pojem (stavební dozor), který je v současné době nahrazen pojmem dozor technický (technický dozor).

Dozor technický (technický dozor) je obecně dozorčí a kontrolní činnost, vztahující se k technické stránce předmětu, jeho jakosti a k souladu s technickými pravidly a požadavky. V oblasti výstavby má tento výraz úzké vymezení směrem k budované stavbě a to zejména při realizaci. Stavebník ve vlastním zájmu obvykle tuto činnost zabezpečuje vlastními pracovníky nebo smluvními osobami majícími k těmto činnostem oprávnění, aby tak realizoval stavbu v potřebné jakosti, a ekonomičnosti, dostál všem požadavkům a předpisům vztahujícím se k výstavbě a podmínkám stanoveným ve správních řízeních a zabezpečil při výstavbě i bezpečnost, hygienu, ochranu zdraví osob, životního prostředí a ostatních veřejných zájmů. Dozor obvykle prověřuje dodržování podmínek stanovených v územním rozhodnutí a stavebním povolení, soulad realizace i postupu výstavby se všemi stupni dokumentace stavby, její umístění a prostorovou polohu, soulad s legislativou, obecnými technickými požadavky na výstavbu i technickými požadavky na výrobky, dodržování bezpečnosti při práci, při instalaci zařízení a při vybavení stavby. Účastní se předávání



Obr.10 Uložení na střední nosné zdi ve zborcené části

staveniště účastníkům výstavby, předání a převzetí předmětu plnění, prověřuje části dodávek před zakrýváním prací, účastní se zkoušek před a v průběhu uvádění do provozu. K významným povinnostem patří sledování, vyjadřování se a zaujímání stanovisek k zápisům a záznamům ve stavebním deníku.

Současný český právní řád používá pojem technický dozor nad realizací stavby jako oprávnění k vybrané činnosti, bez bližšího vymezení, v zákoně pro stanovení působnosti autorizovaných osob činných ve výstavbě a ve Stavebním zákoně v souvislosti se státním stavebním dohledem. Pojem „Dozor technický“ lze také použít obecně a přiměřeně pro výkon oprávnění objednatele kontrolovat postup u zhotovitele podle Obchodního zákoníku.

Technickým dozorem se tedy ve výstavbě obvykle označuje kontrolní (dozorová) činnost fyzické osoby pověřené stavebníkem, popř. osobou, která je se stavebníkem ve smluvním vztahu nebo se účastní výstavby na staveništi, nad vedením stavby nebo její části. Cestou technického dozoru sleduje objednatel, zda zhotovitel stavby, nebo její příslušné části) realizuje stavbu (její příslušnou část) v souladu s právními předpisy a v souladu se závazky, vyplývajícími pro něho z příslušné smlouvy.

Občasný technický dozor (nebo občasný stavební dozor) - je dnes stále používaný pojem pro výkon dozoru prováděného „občas“, náhodně, například 1× týdně. S tímto pojmem pracovala dřívější předpisy (kromě trvalého – stálého dozoru). Provádění takového dozoru (občasný dozor) se dá považovat za stav obvyklý ve stavební praxi a zpravidla jako takový je nutno jej potvrdit smlouvou mezi oběma smluvními stranami. Výkon dozoru jako „občasný“ není proti stávajícím předpisům.

Dozor autorský je obecné označení dozorčí činnosti autora návrhu nad uskutečněním (realizací) díla. V oblasti výstavby se tak označuje obvykle činnost zpracovatele dokumentace souborného řešení projektu (dokumentace Basic Design). V ČR je autorský dozor často vztahován, zejména pro rozsahem menší, nebo méně složité stavby, pouze k dokumentaci stavby pro získání stavebního povolení. Cestou autorského dozoru se ověřuje soulad prováděné stavby nebo její změny s touto dokumentací v průběhu výstavby. Zjištěné nedostatky a návrh na způsob i postup jejich odstranění jsou obvykle předmětem zápisu do stavebního deníku, popř. zpracování související dokumentace.

Z výše uvedeného textu vyplývá, že úkolem dozoru je dohlížet nad souladem provádění stavby s řešením uvedeným v projektové dokumentaci a dále nad dodržováním dalších (obecně závazných) předpisů (bezpečnost práce, dodržování ustanovení stavebního povolení a podobně). Stavební, technický, autorský... dozor není odpovědný za technickou stránku stavby, pokud tato je v souladu s projektovaným řešením – za řešení uvedené v projektu je odpovědný projektant v plné míře s tím, že odpovědnost je přenesena na autorizovanou osobu = odpovědnou osobu.

Navíc osoba konající dozor nemá podklady a ani není oprávněna kontrolovat či například odhalovat chyby ve vlastní projektové dokumentaci. Znamená to tedy, že osoba vykonávající technický dozor na stavbě nad jejím prováděním není schopna odhalit statické a konstrukční chyby, pokud se nejedná o chyby zcela zjevné.

ZANEDBÁNÍ ÚDRŽBY STAVBY V PRŮBĚHU JEJÍHO UŽÍVÁNÍ

K otázce údržby je nutno nahlédnout do Stavebního zákona. Povinnost provádění udržovacích a zabezpečovacích prací vychází z tohoto platného předpisu (§86, odst. 1) a je povinností vlastníka stavby. Odklizení sněhu ze střechy patří k těmto povinnostem obdobně jako udržování chodníků v zimním období. Nicméně tato činnost není právě obvyklou činností, neboť v minulých obdobích jsme byli zvyklí spíše na „suché“ zimy bezu sněhu a pak, očekává se, že střechy „běžný sníh“ bez problému unesou. Letošní zima (leden-únor 2006) nám však ukázala, že dovede využít normová předpoklady beze zbytku a tím prověřila mnohé stavební konstrukce. Vydržely jen ty, které byly správně nadimenzované a realizované.

Pokud prohlásíme, že povinnost provádění udržovacích a zabezpečovacích prací je povinností vlastníka stavby, pak také musíme přiznat, že způsob jakým má vlastník k problému přistupovat, není co do zatížení sněhem nikde specifikován, popsán, určen. Je tedy na majiteli objektu aby si sám takovýto kontrolní mechanismus určil – musí zjistit kdy došlo k takovému zatížení které naplňuje předpoklady dané normou, musí tedy vědět, na jaké zatížení je konstrukce dimenzována. Na základě těchto údajů pak majitel objektu provede odklizení sněhu ze střechy. Ovšem i tato činnost se musí provádět systematicky tak, aby nedošlo k poškození konstrukce. Tím není myšleno poškození krytiny, ale provádění odklízecích prací v takovém rozsahu a při takovém postupu které nevyvolá negativní působení na vlastní konstrukci. K základním požadavkům pak patří provádění odklizení symetricky ze střechy – většina konstrukcí je velmi citlivá na nesymetrická zatížení a zpravidla na takovéto nesymetrické zatížení ani není dimenzována, neboť běžně bez lidského zásahu toto zatížení nikdy nenastane.

Ideálního stavu lze dosáhnout, pokud veškeré podklady k této činnosti zpracuje pro majitele objektu projektant.

Příčina havárie

Co tedy bylo nejpravděpodobnější příčinou havárie střechy prodejny Lidl v Ostravě? Není ojedinělý případ, že před vlastní stavbou dochází k úpravám projektové dokumentace. Vlastní realizační (případně dodavatelská) dokumentace je před vlastní realizací oproti projektu pro stavební povolení mnohdy provedena odlišně a to v závislosti na zvolené technologii provádění dané dodavatelem pověřeným dodávkou konstrukce na stavbu. Dále jsou hledány cesty jak stavbu podstatně urychlit a případně i zlevnit.

Obdobná situace byly také na stavbě zmíněné prodejny, kdy dodavatel stavby vybral pro realizaci střechy subdodavatelskou firmu, kterou pověřil dodávkou a montáží střešních vazníků. Tato subdodavatelská firma stavbu krovu (montáž vazníků) prováděla podle vlastní realizační dokumentace. Technický dozor dohlížel na souladem provedených prací a dodanou (a generálním dodavatelem schválenou) dodavatelskou dokumentací. Prohlídkou na místě samém [1] bylo potvrzeno, že montáž byla provedena podle této dokumentace i když s drobnými nedostatky (Obrázek 6 a obrázek 7), které nejsou pro konstrukci staticky významné.

Orientačním posouzením prvků vazníku však bylo zjištěno, že některé prvky jsou hluboce poddimenzovány. Proto byla dodavatelská projektová dokumentace podrobena důkladnému rozboru. Bylo zjištěno, že veškeré zatížení působící na konstrukci bylo stanoveno v souladu s požadavky



Obr.11 Krajní prut střešního vazníku měl být zajištěn po 60 cm proti vybočení



Obr.12 Spojení dolního taženého pásu horní části vazníku s dolním tlačným pásem dolní části vazníku

normy a že bylo sestaveno správně. Kontrolním přepočtem téže konstrukce bylo dosaženo shodných výsledků jak je uvedeno ve statickém výpočtu k dodavatelské dokumentaci. Byl tedy hledán rozdíl mezi statickým výpočtem (provedeným zcela správně) a výkresem, podle kterého byla realizace prováděna.

Na základě tohoto statického výpočtu bylo provedeno posouzení únosnosti jednotlivých prvků střešní konstrukce a jejich vlivu na únosnost a prostorovou tuhost konstrukce střechy. Horní trojúhelníkový vazník (*Obrázek 4*), který je podporován dolním lichoběžníkovým vazníkem (*Obrázek 4*), byl navržen korektně a jeho nosné prvky a spoje byly navrženy dostatečně, vzhledem k uvažovanému zatížení.

Průřezy nosných prutů spodního – lichoběžníkového vazníku byly rovněž navrženy korektně, pouze u tlačенého horního pasu a u krajní diagonály nad střední nosnou stěnou (*Obrázek 11*) nebyla zajištěna prostorová tuhost v příčném směru (tj. ve směru kolmo na rovinu vazníku) po 600 mm, jak to bylo předpokládáno ve statickém výpočtu projektu. Tyto předpoklady nebyly promítnuty ani do montážního výkresu střechy. Chybějící příčné ztužení horního pasu z roviny vazníku (dolní tažený pas horního trojúhelníkového vazníku spojený s horním tlačенým pasem lichoběžníkového vazníku pomocí několika hřebíků (*Obrázek 12*) nemůže tento tlačенý pas dostatečně stabilizovat proti vybočení v příčném směru!) vedou k nadměrné štihlosti horního tlačенého pasu a k prudkému poklesu jeho únosnosti. Obdobná situace je i u krajní svislice nad střední stěnou. Krajní svislice nad podélnou protilehlou obvodovou stěnou byla dostatečně stabilizována dřevěným obkladem.

Toto chybějící příčné ztužení tlačенých prvků horního pasu a krajní svislice vazníku se jeví jako rozhodující faktor havárie střešní konstrukce.

Lze tedy konstatovat, že v projektové dokumentaci nebyly obsaženy a tím stavbě předepsány všechny náležitosti týkající se výstavby tohoto typu a druhu konstrukce.

Ve zprávě poskytnuté ČHMÚ dne 13. 1. 2006 bylo konstatováno, že hodnota celkové sněhové pokrývky činila na území Ostravy dne 4. 1. 2006 průměrně $73,6 \text{ l/m}^2$, tj $0,74 \text{ kN/m}^2$. Ze zprávy ČHMÚ rovněž vyplývá, že hodnota rychlosti větru v době havárie se v Ostravě pohybovala okolo 4 m/s , což je z hlediska zatížení střechy tlakem, resp. sáním větru hodnota nevýznamně malá. Z uvedených údajů je možné vyvodit závěr, že zatížení sněhem ani větrem nepřekročilo hodnoty předpokládané projektem a tedy ani hodnoty stanovené normou.



Obr.13 Zajištění proti vybočení na opačné straně bylo zajištěno rovinou dřevěného bednění

Naskytá se otázka zda a ve které fázi bylo možno chybu odhalit a tak předejít této havárii. Havárii bylo možno předejít běžnými kontrolními prostředky v průběhu projektové přípravy stavby (kontrolou projektu – dodavatelské projektové dokumentace v průběhu její autorizace).

Následně v průběhu předvýrobní a výrobní přípravy nebylo s největší pravděpodobností možno havárii předejít odhalením případných nedostatků běžnými kontrolními mechanismy (výkon stavebního a technického dozoru), neboť výkon dozoru spočívá v kontrole souladu projektové dokumentace a skutečného provedení. Jelikož projekt (výkres podle kterého byla stavba realizována) nespecifikoval zajištění stability po 600 mm, jak to bylo předpokládáno ve statickém výpočtu projektu (dle statického výpočtu realizace není možná – jedná se o specializovaný a tedy nečitelný dokument pro pracovníky na stavbě), neobjevilo se toto zajištění v realizované konstrukci.



Obr.14 Ztužidlo v rovině střechy

Při kolaudaci nebo uvedení do užívání rovněž nebylo možno nedostatek odhalit.

Je pravda, že při prohlídce havarované střechy byly konstatovány další konstrukční nedostatky, které mohly do určité míry přispět k nedostatečné únosnosti střechy a v konečné fázi i k jejímu zřícení. Jedná se zejména o:

1. štíhlé Ondřejovy kříže příčného ztužení vazníků; úhel křížení byl zvolen příliš ostrý, chybí svislice u ztužení, dimenze ztužidlových prken vykazují značné rozdíly
2. lisovaná ztužidla ve střešní rovině (co cca 10. pole) nejsou ve vrcholu spojena
3. uložení vazníku na vnitřní stěně nebylo provedeno posuvně, což může mít za následek odlišné rozdělení sil a napětí oproti předpokladům z návrhu.
4. střešní latě byly napojeny (nastaveny) nad jedním vazníkem – tedy ne vystřídáně:
5. krokve (dvojice fošen 50/200 mm) a od nich následně i vazníky byly od střešního pláště zatěžovány nesymetricky, protože kontralať byla uložena pouze na jedné fošně z uvedené dvojice:
6. Příčné ztužení tlačných diagonál pomocí prken nebylo provedeno přes min. 2 pole, ale pouze z vazníku na vazník
7. Horní trojúhelníkový vazník nevyvozuje přesně styčnicková zatížení na vazník dolní

Tyto konstrukční nedostatky mají sice negativní vliv na únosnost konstrukce, nicméně je možno o nich prohlásit, že ve srovnání s nedostatečnou únosností krajní stojky (pouze 20% požadované únosnosti) vlivem absence ztužení jsou staticky nevýznamné.

Přímou příčinou zřícení konstrukce střechy je nutno spatřovat v absenci ztužení konstrukce tlačných prutů. V důsledku chybějícího ztužení došlo k selhání tlačných prutů konstrukce dolní části vazníku a to ztrátou stability a následným vybočením nezajištěné konstrukce tlačného prvu.

This outcome has been achieved with the financial support of the Ministry of Education, Youth and Sport, project No.1M680470001, within activities of the CIDEAS research centre.

LITERATURA

- [1] KUBEČKA K: Znalecký posudek ZP-260/2006 - Stanovení příčin havárie konstrukce střechy supermarketu Lidl v Ostravě
- [2] ŠTĚPÁNEK P., TEPLÝ B.: Spolehlivost střešních konstrukcí a jejich havárie-poučení pro projektanty, prováděcí firmy i majitele objektů. Stavební listy 7-8/2006, ISSN 1211-4790, strana 32-33
- [3] ČSN 73 0035a Zatížení stavebních konstrukcí
- [4] KUBEČKA K., KREJSA M., JONOV D.: Rizika modelování nosných konstrukcí střech. Mezinárodní konference Modelování v mechanice, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky 1.-2. února 2006, ISBN 80-248-1035-2, strana 41.
- [5] KUBEČKA K: Aktuální problém – zatížení sněhem. Časopis Střechy, fasády, izolace II/2006, ISSN:1212-0111, strana 10-11.
- [6] KUBEČKA K: Skutečné zatížení střešních konstrukcí sněhovou pokrývkou. Časopis Střechy, fasády, izolace III/2006, ISSN:1212-0111, strana 58-61.
- [7] KUBEČKA K: Zatížení střech sněhem podle ČSN EN 1991-2-3 (73 0035). Časopis Střechy, fasády, izolace III/2006, ISSN:1212-0111, strana 64-65.
- [8] KUBEČKA K: Rizika staveb, Sympozjum Trwałość Materiałów i Konstrukcji Budowlanych, Kamień Śląski 20-22.06.2006 ROCZNIKI INŻYNIERII BUDOWLANEJ – ZESZYT 6/2006, Komisja Inżynierii Budowlanej Oddział Polskiej Akademii Nauk w Katowicach
- [9] KUBEČKA K: Risks of Residential Buildings, Mezinárodní konference ENHR, Ljubljana, Slovinsko, VII/2006.
- [10] KUBEČKA K, LOKAJ A., VAVRUŠOVÁ K., JONOV D.: Zjištění kvality dřeva nosné konstrukce střechy prodejny Lidl v Ostravě. Časopis Střechy, fasády, izolace IX/2006, ISSN:1212-0111, strana 36-38.
- [11] KUBEČKA K: Příčiny havárie střechy prodejny Lidl v Ostravě. Časopis Střechy, fasády, izolace IX/2006, ISSN:1212-0111, strana 82-86.
- [12] Zákon číslo 50/1976 Sb o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon) ve znění zákona č. 103/1990 Sb. České národní rady, 425/1990 Sb., zákona č. 262/1992 Sb., zákona č. 43/1994 Sb., zákona č. 19/1997 Sb., a zákona č. 83/1998 Sb. ČKAIT Praha 1998.

Reviewer: Ing. Ivan Holínka, IDEA s.r.o.